

**PROCEDE ET SYSTEME POUR BALAYER UNE SURFACE DE MANIERE  
AUTOMATIQUE**

**Domaine de l'invention**

La présente invention concerne le domaine de la robotique. Elle concerne plus particulièrement un procédé et un système mis en œuvre par un automate mobile destiné à balayer  
5 une surface complexe, c'est-à-dire à parcourir de façon autonome cette surface complexe de façon suffisamment exhaustive pour effectuer un traitement de cette dernière lors de ce parcours.

**Problème et Art antérieur**

Dans de nombreuses applications, notamment dans le  
10 domaine des équipements de maison et de jardin, il est nécessaire de concevoir des équipements autonomes, tels que des robots aspirateurs, dénommés par la suite automates mobiles, capables de parcourir de façon quasi exhaustive une surface complexe comportant des obstacles (par exemple le plancher d'une  
15 pièce meublée).

A cet effet, on connaît des systèmes et des procédures de parcours de surfaces complexes mettant en œuvre des capteurs permettant de percevoir l'environnement (notamment les murs de la pièce et les meubles qui s'y trouvent) et de repérer la  
20 position relative du robot par rapport à cet environnement.

Cependant, pour qu'un automate réalise des parcours exhaustifs d'une surface à traiter, il est nécessaire de pouvoir disposer de capteurs fournissant une localisation absolue. Or de tels capteurs de localisation absolue sont, compte tenu de leur  
5 prix de revient, peu appropriés pour réaliser des équipements destinés à être produits en masse.

Par ailleurs, on connaît également des systèmes de calcul qui déterminent la localisation d'un robot mobile en intégrant la succession des positions relatives de ce robot à  
10 partir d'une position initiale.

A ce stade, il convient de noter que l'intégration de positions successives s'effectue par odométrie, c'est-à-dire en prenant en compte des paramètres mesurés sur cet automate, tels que le nombre de tours de roues de l'automate et les angles de  
15 rotation de ses roues directrices, afin de déterminer son déplacement par rapport à un point initial.

Toutefois, les systèmes calculant la localisation d'un automate en intégrant la succession des positions relatives présentent l'inconvénient de dériver au cours du temps. Il en  
20 résulte qu'au bout d'un certain parcours, la localisation absolue comprend une erreur provenant principalement de l'intégration du bruit des capteurs utilisés.

Finalement, il convient de noter qu'il existe des capteurs peu bruités mais ces capteurs sont, compte tenu de leur  
25 prix de revient, peu appropriés pour réaliser des équipements destinés à être produits en masse.

#### **L'invention**

La présente invention a précisément pour objet de réaliser des systèmes et des procédures de parcours de surfaces  
30 complexes en mettant en œuvre des capteurs de position relative, bas coût, malgré les inconvénients techniques de ceux-ci ci-dessus exposés.

#### **Solution**

L'invention concerne un procédé pour balayer une  
35 surface complexe délimitée au moins en partie par une barrière

physique et/ou des obstacles, ce procédé comprenant les étapes suivantes :

- a) l'étape de détecter la barrière physique et/ou les obstacles,
- 5       - b) une étape initiale ayant pour objet :
  - soit (i) de parcourir dans un premier sens, au moins en partie, une bande d'initialisation longeant la barrière physique (en balayant cette bande), jusqu'à ce que la barrière physique présente une rupture angulaire dont la valeur excède
  - 10 les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées, puis (ii) de parcourir dans l'autre sens, dans sa totalité, la bande d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique jusqu'à ce que cette barrière physique présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites
  - 15 d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,
  - soit, dans le cas où cela est possible, de parcourir en une seule fois une bande d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique comprise entre deux ruptures angulaires de la barrière physique dont les valeurs excèdent les
  - 20 limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées.

Le procédé selon l'invention comprend en outre, pendant l'étape initiale, l'étape de calculer la longueur ( $L_0$ ) de la bande d'initialisation à partir des données géométriques (angles, longueurs) caractérisant la géométrie de la bande

25 d'initialisation.

Par la suite, le procédé met en œuvre un processus itératif initialisé par le parcours de la bande d'initialisation qui se poursuit par le parcours de bandes ci-après successivement appelées bande précédente, bande courante et

30 bande suivante, la première bande précédente étant constituée par la bande d'initialisation.

Les bandes d'initialisation, courantes, précédentes et suivantes ont une largeur prédéterminée ( $d$ ). Les parties de la surface complexe balayées au cours d'étapes précédant l'étape

courante sont réputées situées à l'intérieur de la barrière physique délimitant la surface complexe.

- c) Le procédé comprend en outre les étapes successives suivantes :

- 5           • c1) l'étape de prédéterminer une longueur ( $L^*i$ ) de la bande courante à partir des données géométriques caractérisant la géométrie de la précédente bande,
- c2) l'étape de parcourir dans sa totalité la bande courante longeant la bande précédente jusqu'à ce que la bande  
10 courante présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,
- c3) l'étape de déterminer la longueur ( $L_i$ ) de la bande courante à partir des données géométriques obtenues lors du parcours de la bande courante, ces données géométriques  
15 caractérisant la géométrie de la bande courante,
- c4) l'étape de comparer la longueur prédéterminée ( $L^*i$ ) avec la longueur déterminée ( $L_i$ ) de sorte que :
  - si la longueur prédéterminée ( $L^*i$ ) est sensiblement égale à la longueur déterminée ( $L_i$ ), une étape c5) du procédé  
20 détaillée ci-dessous est mise en œuvre,
  - si la longueur prédéterminée est supérieure à la longueur déterminée, on conclut qu'un obstacle est présent sur la bande courante et une étape c6) détaillée ci-dessous est mise en œuvre,
  - 25 - si la longueur prédéterminée est inférieure à la longueur déterminée, on conclut que la barrière physique présente un décrochage dans la dite bande courante et une étape c7) détaillée ci-dessous est mise en œuvre.
- c5) L'étape c5) consiste (i) à passer à la bande  
30 suivante en décalant latéralement le parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée ( $d$ ) d'une bande courante, puis (ii) à parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante, et (iii) à itérer le procédé à partir de l'étape c1). L'ancienne bande courante est considérée

comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante.

• c6) L'étape c6) se décompose selon les deux possibilités suivantes :

5           - Si l'obstacle s'étend sur la largeur de la bande courante, l'étape c6) comprend (i) l'opération de passer à la bande suivante en décalant latéralement le parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée (d) d'une bande courante, (ii) le parcours de la bande suivante en sens  
10 inverse de la bande courante, et (iii) l'itération du procédé à partir de l'étape c1). L'ancienne bande courante est considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante.

          - Si l'obstacle ne s'étend pas sur toute la largeur de  
15 la bande courante, l'étape c6) comprend les opérations (i) de contourner l'obstacle en continuant le parcours de la bande courante et (ii) d'itérer le procédé à partir de l'étape c3).

          • c7) L'étape c7) comprend l'étape de continuer le parcours de la bande courante, en longeant la barrière physique  
20 suivant le décrochage jusqu'à rencontrer une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées.

Dès lors, l'étape (c7) se poursuit selon deux possibilités :

25           - Première possibilité : si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique (formée par une barrière physique ou un obstacle) qui présente une concavité, on pénètre dans cette concavité et on itère le procédé à partir de a), ou

30           Il a été précédemment indiqué que « les parties de la surface complexe balayées au cours d'étapes précédant l'étape courante sont réputées situées à l'intérieur de la barrière physique délimitant la surface complexe. » Il en résulte que la barrière physique est réputée suivre le bord extérieur de la  
35 bande précédente. Cette considération permet de clarifier le

sens de l'étape a) : « - a) l'étape de détecter la barrière physique et/ou les obstacles, ».

En effet, il faut comprendre que l'étape a) inclut également la détection d'une bande précédente précédemment  
5 balayée. Une bande précédente précédemment balayée est assimilée à une barrière physique.

- Deuxième possibilité : si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique ne présentant pas une forme concave, on itère le procédé à partir de l'étape  
10 c1).

Au sens de la présente invention on considère que l'automate mobile rencontre une « rupture angulaire » :

(i) lorsque l'automate mobile 600 (figure 6a) rencontre une partie 602 de la barrière physique, un obstacle ou  
15 une partie d'une des bandes précédentes en formant un angle  $\alpha$  entre le sens 601 suivi par l'automate mobile et la tangente 603 au point de rencontre de l'automate avec la partie de la barrière physique ou avec l'obstacle ou avec la partie d'une des bandes précédentes dont la valeur absolue est supérieure à un  
20 seuil déterminé (par exemple  $30^\circ$ ), ou

(ii) lorsque l'automate mobile 600 (figure 6b) en longeant une partie 602 de la barrière physique, de l'obstacle ou de la bande précédente perd la proximité avec la barrière physique, l'obstacle ou la bande précédente qu'il longe et  
25 lorsque corrélativement la tangente 603 à la partie 602 de la barrière physique ou de l'obstacle ou de la bande précédente suivie forme un angle  $\alpha$  avec le sens 601 de l'automate supérieure à un seuil déterminé (par exemple  $30^\circ$ ).

Par ailleurs, au sens de la présente invention, on  
30 considère que l'automate mobile perd la proximité lorsque la distance entre la barrière physique et la bande courante augmente ou lorsque la distance entre l'obstacle et la bande courante augmente ou lorsque la distance entre la bande précédente et la bande courante augmente.

Il a été précédemment indiqué que « les parties de la surface complexe balayées au cours d'étapes précédant l'étape courante sont réputées situées à l'intérieur de la barrière physique délimitant la surface complexe. » Il en résulte que la  
5 barrière physique est réputée suivre le bord extérieur de la bande précédente. Cette considération permet de simplifier la définition de la notion de « rupture angulaire » que l'on peut donc écrire de la manière suivante :

On considère que l'automate mobile rencontre une  
10 « rupture angulaire » :

(i) lorsque l'automate mobile rencontre une partie de la barrière physique ou un obstacle en formant un angle entre le sens suivi par l'automate mobile et la tangente au point de rencontre de l'automate avec la partie de la barrière physique  
15 ou avec l'obstacle dont la valeur absolue est supérieure à un seuil déterminé (par exemple  $30^\circ$ ), ou

(ii) lorsque l'automate mobile en longeant la barrière physique ou l'obstacle perd la proximité avec la barrière physique ou l'obstacle qu'il longe et lorsque corrélativement la  
20 tangente à la barrière physique ou à l'obstacle suivie forme un angle avec le sens de l'automate supérieure à un seuil déterminé (par exemple  $30^\circ$ ).

Au sens de la présente invention une barrière périphérique (une barrière physique, un obstacle) présente une  
25 forme concave si l'angle entre la tangente à la barrière périphérique et le sens de progression de l'automate présente une valeur absolue supérieure à un seuil déterminé et si en continuant sa progression dans son sens initial d'une longueur prédéterminée, l'automate agrandi la distance entre lui et la  
30 barrière périphérique au-delà d'un seuil déterminé.

Selon une réalisation, le procédé comprend en outre l'étape de passer de la bande courante à la bande suivante en longeant la barrière physique sur une distance correspondante à la largeur d'une bande en tenant compte des spécificités  
35 géométriques locales de la barrière physique.

Dans une réalisation les données géométriques caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou des obstacles, la géométrie de la bande d'initialisation, la géométrie de la bande précédente, la géométrie de la bande  
5 courante, la géométrie de la bande suivante sont déduites au moins en partie d'une cartographie d'au moins une partie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques.

Dans une réalisation, la cartographie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques est établie  
10 de manière dynamique pendant le balayage de la surface complexe.

L'invention concerne aussi un système pour balayer une surface complexe délimitée au moins en partie par une barrière physique et/ou des obstacles.

Le système comprend un automate mobile comportant des  
15 moyens de détection permettant (i) de détecter la barrière physique et/ou les obstacles et (ii) de fournir au moins en partie des données géométriques (angles, longueurs) caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou (iii) la géométrie des obstacles ainsi que (iv) la géométrie du  
20 parcours effectué par l'automate mobile.

L'automate comprend des moyens de traitement informatique permettant de commander des déplacements de l'automate mobile en fonction des données fournies par les moyens de détection. Les moyens de traitement informatique  
25 comportent des moyens de calcul permettant de mettre en œuvre un algorithme comportant les étapes suivantes :

- a) l'étape de commander le déplacement de l'automate mobile vers la barrière physique après détection de celle-ci par les moyens de détection,
- 30 - b) une étape initiale ayant pour objet,
  - soit de commander à l'automate mobile (i) de parcourir dans un premier sens, au moins en partie, une bande d'initialisation longeant la barrière physique (en balayant la bande), jusqu'à ce que la barrière physique présente une rupture
  - 35 angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de



valeurs autorisées prédéterminées, puis (ii) de commander à l'automate mobile de parcourir dans l'autre sens, dans sa totalité, la bande d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique jusqu'à ce que la barrière physique présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées, soit, dans le cas où cela est possible, de commander à l'automate mobile de parcourir en une seule fois une bande d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique comprise entre deux ruptures angulaires de la barrière physique dont les valeurs excèdent les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées.

Les moyens de calcul permettent en outre, pendant l'étape initiale, de calculer la longueur de la bande d'initialisation à partir des données géométriques (angles, longueurs) fournies par les moyens de détection et caractérisant la géométrie de la bande d'initialisation.

En outre, les moyens de traitement informatique permettent de mettre en œuvre un processus itératif initialisé par le parcours de la bande d'initialisation et se poursuivant par le parcours de bandes ci-après successivement appelées la bande précédente, la bande courante et la bande suivante. La première bande précédente est constituée par la bande d'initialisation.

Les bandes d'initialisation, les bandes courantes, les bandes précédentes et les bandes suivantes ont une largeur prédéterminée (d).

Les moyens de calcul permettent (i) de déterminer la partie de la surface complexe restant à balayer en extrayant les parties de la surface complexe déjà balayées et (ii) d'actualiser en conséquence les caractéristiques géométriques de la barrière physique délimitant la partie de la surface complexe restant à balayer.

- c) les moyens de traitement informatique comportent des moyens de calcul permettant de mettre en œuvre en outre les étapes suivantes de l'algorithme, à savoir :

5       • c1) l'étape de prédéterminer la longueur ( $L^*i$ ) de la bande courante à partir des données géométriques caractérisant la géométrie de la précédente bande,

10       • c2) l'étape de commander à l'automate mobile de parcourir dans sa totalité la bande courante longeant la bande précédente jusqu'à ce que la bande courante présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,

15       • c3) l'étape de déterminer la longueur ( $L_i$ ) de la bande courante à partir des données géométriques obtenues lors du parcours de la bande courante et caractérisant la géométrie de la bande courante,

20       • c4) l'étape de comparer la longueur prédéterminée ( $L^*i$ ) avec la longueur déterminée ( $L_i$ ), de sorte que :  
si la longueur prédéterminée ( $L^*i$ ) est sensiblement égale à la longueur déterminée ( $L_i$ ), une étape c5) de l'algorithme est mise en œuvre,

si la longueur prédéterminée est supérieure à la longueur déterminée, on conclut qu'un obstacle est présent sur la bande courante et une étape c6) de l'algorithme est mise en œuvre,

25       si la longueur prédéterminée est inférieure à la longueur déterminée, on conclut que la barrière physique présente un décrochage dans la dite bande courante et une étape c7) de l'algorithme est mise en œuvre.

Les étapes c5), c6) et c7) sont détaillées ci-dessous.

30       L'étape c5) comprend :

- l'étape de commander à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée ( $d$ ) d'une des bandes courantes,

- l'étape de commander à l'automate mobile de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

- l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

L'ancienne bande courante est considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante.

L'étape c6) se décompose en deux possibilités, à savoir :

- Si l'obstacle s'étend sur la largeur (d) de la bande courante, l'étape c6) comprend :

- l'étape de commander à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée (d) d'une des bandes courantes,

- l'étape de commander à l'automate mobile de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

- l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

L'ancienne bande courante est considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante.

Si l'obstacle ne s'étend pas sur toute la largeur de la bande courante, l'étape c6) comprend :

- l'étape de commander à l'automate mobile de contourner l'obstacle en continuant le parcours de la bande courante,

- l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c3)

L'étape c7) comprend :

- l'étape de commander à l'automate mobile de continuer le parcours de la bande courante, en longeant la barrière physique suivant le décrochage jusqu'à rencontrer une

rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,

• Si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique ayant une concavité, l'étape c7) comprend l'étape de commander à l'automate mobile de pénétrer dans la concavité et d'itérer l'algorithme à partir de l'étape a).

• Si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique ayant une forme convexe, l'étape c7) comprend l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

Dans une réalisation du système, les moyens de traitement commandent en outre à l'automate mobile de passer de la bande courante à la bande suivante en longeant la barrière physique sur une distance correspondante à la largeur d'une bande en tenant compte des spécificités géométriques locales de la barrière physique.

Selon une réalisation du système, les moyens de traitement informatique permettent de déterminer les données géométriques caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou des obstacles, la géométrie de la bande d'initialisation, de la bande précédente, de la bande courante, de la bande suivante en les déduisant au moins en partie d'une cartographie d'au moins une partie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques.

Selon une réalisation du système, les moyens de calcul permettent de calculer de manière dynamique la cartographie de la surface complexe à partir de données fournies par les moyens de détection pendant le balayage de la surface complexe.

Dans une réalisation du système, les moyens de détection comprennent :

- un émetteur de rayonnements infrarouge,
- un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle.

Les moyens de traitement informatique permettent de faire varier graduellement la puissance du rayonnement infrarouge émise par l'émetteur jusqu'à une puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle.

Les moyens de calcul permettent de déterminer la position relative des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle par rapport à l'automate mobile en fonction de la valeur de la puissance de détection.

De manière dynamique, il est ainsi possible, au fur et à mesure que l'automate mobile se déplace :

- de déterminer les données géométriques (angles, longueur) caractérisant la géométrie des obstacles ou de la barrière physique, et/ou
- de construire une cartographie de la surface complexe.

Finalement, il convient de noter que l'invention est aussi relative à toute application du procédé selon une des réalisations précédentes ou d'un système selon l'une des réalisations précédentes à la réalisation d'un robot de traitement de surfaces planes et/ou gauches, d'un robot de traitement de terrains sauvages ou cultivés, d'un robot aspirateur, d'une tondeuse automate, d'un robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de vitre, de plafond, de toit, d'un robot de décontamination de surfaces complexes contaminées.

#### **Avantages de l'invention**

La mise en œuvre d'un procédé ou d'un système conforme à l'invention par un automate mobile présente l'avantage de permettre à ce dernier un balayage exhaustif d'une surface, c'est-à-dire un balayage suffisant de l'ensemble de cette surface vis-à-vis du traitement de la surface effectué, alors même que des capteurs de position relative à bas coût sont utilisés par cet automate.

En effet, la dérive des capteurs prise en compte dans la localisation de l'automate correspond à la dérive associée au balayage d'une bande.

Or, la dérive associée au balayage d'une bande est inférieure à la dérive de balayage pour l'ensemble de la surface comprenant cette bande de telle sorte que, à partir des données de déplacements de l'automate (nombre de tours de roue, changements de direction), on peut compenser les dérives des capteurs à chaque rencontre avec la barrière physique et/ou un obstacle.

En d'autres termes, en limitant le balayage à des bandes successives, chaque bande étant de dimension réduite par rapport à la surface complexe et de forme appropriée, on peut obtenir une localisation précise dans chaque bande avec des moyens de localisations à bas coûts, permettant un balayage exhaustif de cette dernière.

#### Figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de cette invention effectuée ci-dessous à titre illustratif et non limitatif à l'aide des figures ci-jointes sur lesquelles:

- la figure 1 est un diagramme relatif au parcours de balayage d'un automate sur une surface complexe limitée par une barrière physique régulière,
- la figure 2 est un schéma d'un algorithme de balayage d'une surface complexe conforme à l'invention,
- les figures 3a, 3b, 3c et 3d sont des diagrammes représentatifs des premières bandes de balayage parcourues par un automate selon l'invention,
- les figures 4a, 4b et 4c sont diagrammes de parcours de balayage d'un automate sur des surfaces complexes limitées par des barrières physiques irrégulières,
- la figure 5 est une représentation schématique d'un système établissant une cartographie d'une surface à balayer, et

- les figures 6a et 6b sont des représentations schématiques de calculs d'angles entre un automate et une partie d'une barrière physique, d'un obstacle ou d'une bande.

**Description de modes de réalisation de l'invention:**

5 Dans la description de l'invention effectuée ci-dessous, on considère une surface 100 complexe (figure 1), c'est-à-dire pouvant présenter par exemple des irrégularités et/ou des variations d'inclinaisons, et limitée au moins partiellement par une barrière physique 102 telle qu'un mur ou  
10 un évidemment de la surface complexe.

La nature de cette surface, qui peut être plane et/ou gauche, varie en fonction de l'application dans laquelle est utilisé un automate 104 conforme à l'invention. Ainsi, une telle application peut être relative à un robot traitant des terrains  
15 sauvages ou cultivés, à un robot aspirateur, à une tondeuse automate, à un robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de vitre ou du plafond d'un toit, ou encore à un robot de décontamination de surfaces complexes contaminées.

Par ailleurs, cette surface peut comprendre un ou  
20 plusieurs obstacles qui, de façon analogue à la barrière physique, limitent le déplacement de l'automate devant balayer cette surface, c'est-à-dire devant parcourir la surface considérée en effectuant une opération de traitement de cette surface.

25 C'est pourquoi, on considère comme obstacle tout élément qui empêche le déplacement de l'automate sur l'ensemble de la surface complexe. Ainsi, un obstacle peut être formé par un objet physique ou par un évidemment tel qu'un vide dans un toit.

30 Pour balayer une telle surface, l'automate 104 comprend des moyens 106 de détection permettant (i) de détecter la barrière physique 102 et/ou des obstacles et (ii) de fournir au moins en partie des données géométriques (angles, longueurs) caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou (iii)

la géométrie des obstacles ainsi que (iv) la géométrie du parcours effectué par l'automate mobile.

Par ailleurs, cet automate 104 comprend des moyens 110 de traitement informatique permettant de commander ses déplacements en fonction des données fournies par ses moyens 106 de détection, ces moyens 110 de traitement informatique comportant des moyens 112 de calcul permettant de mettre en œuvre un algorithme décrit ci-dessous à l'aide de la figure 2.

Plus précisément, cet algorithme comporte les étapes suivantes :

- a) une étape 200 de commande du déplacement 115 de l'automate mobile 104 vers la barrière physique 102 après détection de celle-ci par ses moyens 106 de détection,
- b) une étape 202 initiale qui, selon une première approche, commande à l'automate mobile (i) de parcourir dans un premier sens 114, au moins en partie, une bande 118<sub>1</sub> d'initialisation longeant la barrière physique 102 (en balayant la bande), jusqu'à ce que la barrière physique présente une rupture angulaire 120 dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées, puis (ii) de commander à l'automate mobile de parcourir dans l'autre sens 116, dans sa totalité, la bande 118<sub>1</sub> d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique 102 jusqu'à ce que cette dernière présente une rupture angulaire 122 dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées.

Selon une seconde approche, dans le cas où cela est possible, l'étape 202 commande à l'automate mobile de parcourir en une seule fois une bande 118<sub>1</sub> d'initialisation longeant au moins une partie de la barrière physique 102 comprise entre deux ruptures angulaires 120 et 122 de la barrière physique dont les valeurs excèdent les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées.

Dans ces deux cas, les moyens 112 de calcul permettent, pendant l'étape initiale, de calculer la longueur  $L_0$



de la bande  $118_i$  d'initialisation à partir de données géométriques (angles, longueurs) fournies par les moyens 106 de détection et caractérisant la géométrie de la bande  $118_i$  d'initialisation.

5           En outre, les moyens 110 de traitement informatique permettent de mettre en œuvre un processus itératif initialisé par le parcours de la bande d'initialisation et se poursuivant par le parcours de bandes ci-après successivement appelées la bande  $118_p$  précédente, la bande  $118_c$  courante et la bande  $118_s$ ,  
10 suivante, la première bande précédente étant constituée par la bande d'initialisation  $118_i$ .

Les bandes d'initialisation  $118_i$ , courante  $118_c$ , précédente  $118_p$  et suivante  $118_s$  ayant une largeur prédéterminée, les moyens 112 de calcul permettent (i) de déterminer la partie  
15 de la surface 100 complexe restant à balayer en extrayant les parties de la surface complexe déjà balayées et (ii) d'actualiser en conséquence les caractéristiques géométriques de la barrière physique 102 délimitant la partie de la surface complexe restant à balayer.

20           c) les moyens 110 de traitement informatique comportent des moyens 112 de calcul permettant de mettre en œuvre en outre les étapes suivantes de l'algorithme, à savoir :

          c1) l'étape 204 de prédéterminer la longueur  $L^*_i$  de la bande courante à partir des données géométriques caractérisant  
25 la géométrie de la précédente bande,

          c2) l'étape 206 de commander à l'automate mobile de parcourir dans sa totalité la bande courante longeant la bande précédente jusqu'à ce que la bande courante présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de  
30 valeurs autorisées prédéterminées.

          c3) l'étape 208 de déterminer la longueur  $L_i$  de la bande courante  $118_c$  à partir des données géométriques obtenues lors du parcours de cette bande courante et caractérisant sa géométrie,

c4) l'étape 210 de comparer la longueur prédéterminée  $L^*_i$  avec la longueur  $L_i$  déterminée, de sorte que :

- si la longueur prédéterminée  $L^*_i$  est sensiblement égale à la longueur  $L_i$  déterminée, une étape c5) de l'algorithme

5 est mise en œuvre,

- si la longueur  $L^*_i$  prédéterminée est supérieure à la longueur  $L_i$  déterminée, on conclut qu'un obstacle est présent sur la bande courante et une étape c6) de l'algorithme est mise en œuvre, et

10 - si la longueur  $L^*_i$  prédéterminée est inférieure à la longueur  $L_i$  déterminée, on conclut que la barrière physique présente un décrochage dans la dite bande courante et une étape c7) de l'algorithme est mise en œuvre, ces étapes c5), c6) et c7) étant détaillées ci-dessous.

15 L'étape c5) comprend l'étape 212 (i) de commander à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée d'une des bandes courantes, puis (ii) de commander à l'automate mobile de parcourir la bande 118<sub>s</sub>,  
20 suivante en sens inverse de la bande courante, et de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

L'ancienne bande courante 118<sub>c</sub> est alors considérée comme la nouvelle bande 120<sub>p</sub> précédente tandis que la bande suivante 118<sub>s</sub> est considérée comme étant la nouvelle bande  
25 courante 120<sub>c</sub>.

c6) Cette étape 214 se décompose en deux possibilités, à savoir :

a) si l'obstacle s'étend sur la largeur (d) de la bande courante, cette étape c6) comprend l'étape (i) de  
30 commander 214<sub>a</sub> à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur prédéterminée d'une des bandes courantes, (ii) de commander à l'automate mobile de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante, et (iii) de

commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

L'ancienne bande 118<sub>c</sub> courante est alors considérée comme étant la nouvelle bande 120<sub>p</sub> précédente tandis que la  
5 bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante 120<sub>c</sub>.

b) si l'obstacle ne s'étend pas sur toute la largeur de la bande courante 118<sub>c</sub>, elle comprend l'étape 214<sub>b</sub> de commander à l'automate mobile de contourner l'obstacle en  
10 continuant le parcours de la bande courante puis l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c3)

L'étape c7) concerne la commande de l'automate mobile pour qu'il continue son parcours de la bande courante 118<sub>c</sub>, en  
15 longeant la barrière physique 102 suivant le décrochage jusqu'à rencontrer une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées. Dans ce cas,

si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à  
20 une barrière périphérique ayant une concavité, cette étape c7) comprend l'étape 216b de commander à l'automate mobile de pénétrer dans la concavité et d'itérer l'algorithme à partir de l'étape a) tandis que

si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à  
25 une barrière périphérique n'ayant pas une forme concave, cette étape c7) comprend l'étape 216a de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

Les figures 3a, 3b, 3c et 3d sont décrites ci-dessous pour illustrer plus en détail l'opération d'un automate conforme  
30 à l'invention lors du balayage des premières bandes.

Comme représenté sur la figure 3a, un automate 304 (représenté par un point pour des raisons de clarté) activé sur une surface 300 va se diriger, selon la première étape 200 de l'algorithme, vers une barrière physique 302 proche.

Par la suite (figure 3b), l'automate 304 réalise un premier balayage partiel 314 de la barrière physique jusqu'à détecter une rupture angulaire 320 puis un second balayage 316 complet, en sens opposé au premier balayage, jusqu'à une seconde rupture physique 322.

Grâce à ces premiers balayages 320 et 322, l'automate a déterminé des paramètres géométriques tels que la longueur  $L_0$  de la bande 318<sub>i</sub> initiale et les angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  de la barrière physique aux ruptures d'angle 320 et 322 de telle sorte que les moyens de calculs de l'automate peuvent prédéterminer la longueur  $L^*_1$  de la bande 318<sub>s</sub> suivante à la bande initiale, selon l'étape 204.

Dès lors, le parcours ultérieur (figure 3c) de cette bande suivante 318<sub>s</sub>, qui devient la bande courante 320<sub>c</sub> du cycle de mesures suivants, permet de déterminer sa longueur  $L_i$  mesurée selon l'étape 206 de l'algorithme.

En comparant (étape 210) la longueur prédéterminée  $L^*_1$  de cette bande avec sa valeur mesurée  $L_i$ , il est alors possible de contrôler que l'automate suit un balayage par bandes de la surface 300 si ces longueurs prédéterminées et déterminées sont pratiquement égales.

Par la suite (figure 3d), la bande courante 320<sub>c</sub> devient la bande précédente 322<sub>p</sub> vis-à-vis de l'étape de comparaison de la bande courante 322<sub>c</sub> qui était précédemment la bande suivante 320<sub>s</sub>.

Sur les figures 4a, 4b et 4c sont représentées des cas de balayage où les longueurs déterminées ne correspondent pas aux longueurs prédéterminées.

Ainsi, sur la figure 4a est représenté un exemple de balayage tel que, dans un premier temps  $\Delta t_1$ , l'automate effectue des bandes selon les étapes 204 à 212 de l'algorithme, les longueurs mesurées correspondant à la longueur  $L_0$  prédéterminée.

Toutefois, à un instant  $t_2$ , l'automate détecte un obstacle qui ne s'étend pas sur la largeur de la bande.

Dès lors, conformément à l'étape 214b, l'automate 404 continue le balayage de cette bande en déterminant sa longueur de telle sorte qu'il peut balayer ultérieurement suivant des bandes de longueurs prédéterminée  $L_1$ .

5            Selon un second exemple représenté à la figure 4b, l'automate balaye de telle sorte que, dans un premier temps  $\Delta t_1$ , l'automate effectue des bandes selon les étapes 204 à 212 de l'algorithme avec des longueurs mesurées correspondant à la longueur  $L_0$  prédéterminée.

10           Toutefois, à un instant  $t_2$ , l'automate détecte l'absence de barrière physique et, conformément à l'étape 214b, l'automate 404 continue le balayage de cette bande en déterminant sa longueur comme décrit ci-dessus.

Cependant, à l'instant  $t_3$ , l'automate détecte un  
15   décrochage et, conformément à l'étape 216 b, ce dernier pénètre dans la concavité et exécute l'algorithme décrit à l'aide de la figure 2 à partir de l'étape 200.

Finalement, sur la figure 4c est représenté le cas où l'automate effectue les étapes décrites ci-dessus vis-à-vis d'un  
20   obstacle 414 compris à l'intérieur de la surface 400 à balayer.

De fait, pendant un temps  $\Delta t_1$ , l'automate effectue des bandes selon les étapes 204 à 212 de l'algorithme avec des longueurs mesurées correspondant à la longueur  $L_0$  prédéterminée.

Puis, à compter d'un instant  $t_2$ , l'automate détecte  
25   l'obstacle 414 qui ne s'étend pas sur la bande donc, conformément à l'étape 214b, l'automate 404 continue le balayage de cette bande en déterminant sa longueur.

Par la suite, à un instant  $t_3$ , l'automate détecte un  
30   décrochage et, conformément à l'étape 216 b, ce dernier pénètre dans la concavité et exécute l'algorithme décrit à l'aide de la figure 2 à partir de l'étape 200.

Les moyens de calcul permettent de déterminer la partie de la surface complexe restant à balayer en extrayant les parties de la surface complexe déjà balayées et d'actualiser en  
35   conséquence les caractéristiques géométriques de ladite barrière

physique délimitant la partie de la surface complexe restant à balayer.

Dès lors, lorsque l'automate atteint une bande déjà balayée (t4), il se déplace jusqu'à une partie de la surface par  
5 encore balayée.

De fait, à ce stade, il convient de souligner que, dans cette réalisation du système comprenant l'automate, les moyens de traitement informatique permettent de déterminer au moins en partie les données géométriques caractérisant la  
10 géométrie de la barrière physique et/ou des obstacles, la géométrie de la bande d'initialisation, de la bande précédente, de la bande courante, de la bande suivante d'une cartographie d'au moins une partie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques.

Dans une réalisation du système, les moyens de traitement commandent à l'automate mobile en outre l'étape de passer de la bande courante 118<sub>c</sub> à la bande suivante 118<sub>s</sub>, en longeant la barrière physique sur une distance correspondante à la largeur d'une bande en tenant compte des spécificités  
20 géométriques locales de la barrière physique.

Selon une réalisation du système, les moyens de calcul permettent de calculer de manière dynamique la cartographie de la surface complexe à partir de données fournies par les moyens de détection pendant le balayage de la surface complexe, comme  
25 décrit ci-dessous à l'aide de la figure 5.

Sur cette figure 5 est représentée une base de données 500, comprenant des informations 501 préétablies relatives à la géométrie d'une surface à balayer, ainsi qu'une base 502 qui enregistre les informations 503 relatives aux mesures effectuées  
30 par les différents capteurs et/senseurs de l'automate.

En comparant ces informations 501 préétablies et 503 mesurées, un comparateur 504 peut mettre à jour les informations 501 enregistrées dans la base 500, par exemple pour mémoriser le déplacement d'un obstacle par rapport à un précédent balayage de  
35 la surface.

Dans une réalisation du système, décrite en détail dans la demande FR N° 01/01065, intitulée « procédé et dispositif de détection d'obstacle et de mesure de distance par rayonnement infrarouge », déposée le 26 Janvier 2001 pour Wany  
5 SA (France) et publiée le 2 août 2002, les moyens de détection peuvent comprendre :

un émetteur de rayonnements infrarouge,  
un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la  
10 barrière physique ou de l'obstacle.

Les moyens de traitement informatique peuvent faire varier graduellement la puissance du rayonnement infrarouge émise par ledit émetteur jusqu'à une puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle.

15 Les moyens de calcul permettent de déterminer la position relative des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle par rapport à l'automate mobile en fonction de la valeur de la puissance de détection, de sorte qu'il est ainsi possible de manière dynamique, au fur et à mesure que l'automate  
20 mobile se déplace:

- (i) de déterminer les données géométriques (angles, longueur) caractérisant la géométrie des obstacles ou de la barrière physique, et/ou
- (ii) de construire une cartographie de la surface  
25 complexe.

Finalement, il convient de noter que l'invention est aussi relative à toute application du procédé selon une des réalisations précédentes ou d'un système selon l'une des revendications précédentes à la réalisation d'un robot de  
30 traitement de surfaces planes et/ou gauches, d'un robot de traitement de terrains sauvages ou cultivés, d'un robot aspirateur, d'une tondeuse automate, d'un robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de vitre, de plafond de toit d'un robot de décontamination de surfaces complexes  
35 contaminées.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour balayer une surface (100) complexe délimitée au moins en partie par une barrière physique (102, 302) et/ou des obstacles (414) ; ledit procédé comprenant les étapes suivantes :
- 5           a) l'étape de détecter ladite barrière physique (102, 302) et/ou lesdits obstacles (414),
- b) une étape initiale ayant pour objet :  
          soit
- de parcourir dans un premier sens (114, 314) , au
- 10 moins en partie, une bande d'initialisation (118<sub>i</sub>, 318<sub>i</sub>), longeant la dite barrière physique (102, 302) en balayant ladite bande (118<sub>i</sub>, 318<sub>i</sub>), jusqu'à ce que ladite barrière physique (102, 302) présente une rupture angulaire (120, 320) dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées
- 15 prédéterminées, puis
- de parcourir (200) dans l'autre sens (116, 316), dans sa totalité, ladite bande d'initialisation (118<sub>i</sub>, 318<sub>i</sub>) longeant au moins une partie ladite barrière physique jusqu'à ce que ladite barrière physique présente une rupture angulaire
- 20 (122, 322) dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées;
- soit, dans le cas où cela est possible, de parcourir en une seule fois une bande d'initialisation longeant au moins une partie ladite barrière physique comprise entre deux ruptures
- 25 angulaires de ladite barrière physique dont les valeurs excèdent les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées
- ledit procédé comprenant en outre pendant ladite étape initiale l'étape (202) de calculer la longueur (L<sub>0</sub>) de la bande d'initialisation à partir des données géométriques (angles,
- 30 longueurs) caractérisant la géométrie de la bande d'initialisation ;
- ledit procédé mettant en œuvre un processus itératif initialisé par le parcours de ladite bande d'initialisation et se poursuivant par le parcours de bandes ci-après successivement



- appelées la bande précédente ( $118_p$ ,  $120_p$ ,  $322_p$ ), la bande courante ( $118_c$ ,  $120_c$ ,  $320_c$ ,  $322_c$ ) et la bande suivante ( $118_s$ ,  $120_s$ ,  $320_s$ ,  $322_s$ ); la première bande précédente ( $118_p$ ,  $318_p$ ) étant constituée par ladite bande ( $118_i$ ,  $318_i$ ) d'initialisation,
- 5           ladite bande ( $118_i$ ,  $318_i$ ) d'initialisation, lesdites bandes courantes ( $118_c$ ,  $120_c$ ,  $320_c$ ,  $322_c$ ), lesdites bandes précédentes ( $118_p$ ,  $120_p$ ,  $322_p$ ) et lesdites bandes suivantes ( $118_s$ ,  $120_s$ ,  $320_s$ ,  $322_s$ ) ayant une largeur (d) prédéterminée,
- 10           ledit procédé étant tel que les parties de la surface complexe balayées au cours d'étapes précédent l'étape courante sont réputées situées à l'intérieur de la barrière physique délimitant la surface complexe ;
- c) ledit procédé comprenant en outre les étapes successives suivantes :
- 15           c1) l'étape (204) de prédéterminer la longueur ( $L^*_i$ ) de ladite bande courante à partir des données géométriques caractérisant la géométrie de ladite précédente bande,
- c2) l'étape (206) de parcourir dans sa totalité ladite bande courante longeant ladite bande précédente jusqu'à ce que
- 20           ladite bande courante présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,
- c3) l'étape (208) de déterminer la longueur ( $L_i$ ) de ladite bande courante à partir des données géométriques
- 25           obtenues lors du parcours de ladite bande courante et caractérisant la géométrie de ladite bande courante,
- c4) l'étape (210) de comparer la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) avec la longueur déterminée ( $L_i$ ), de sorte que :
- 30           • si la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) est sensiblement égale à la longueur déterminée ( $L_i$ ), l'étape c5) du procédé est mise en œuvre,
- si la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) est supérieure à la longueur déterminée ( $L_i$ ), on conclut qu'un obstacle est

présent sur la bande courante et l'étape c6) du procédé est mise en œuvre,

- si la longueur prédéterminée ( $L_i$ ) est inférieure à la longueur déterminée ( $L_d$ ), on conclut que la barrière physique présente un décrochage dans la dite bande courante et l'étape c7) du procédé est mise en œuvre,

c5) l'étape (212) de passer à la bande suivante en décalant latéralement le parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur (d) prédéterminée d'une desdites bandes courantes,

l'étape de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

l'étape d'itérer le procédé à partir de l'étape c1), autant que nécessaire de manière à balayer la surface complexe, l'ancienne bande courante étant considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante,

c6)

- si l'obstacle s'étend sur la largeur (d) de la bande courante, l'étape (241a) de passer à la bande suivante en décalant latéralement le parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur (d) prédéterminée d'une desdites bandes courantes,

l'étape de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

l'étape d'itérer le procédé à partir de l'étape c1) autant que nécessaire de manière à balayer la surface complexe, l'ancienne bande courante étant considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante,

- si l'obstacle ne s'étend pas sur toute la largeur (d) de la bande courante,

l'étape (214b) de contourner l'obstacle en continuant le parcours de la bande courante,

l'étape d'itérer le procédé à partir de l'étape c3) autant que nécessaire de manière à balayer la surface complexe,

c7) l'étape de continuer le parcours de la bande courante (118<sub>c</sub>, 120<sub>c</sub>, 320<sub>c</sub>, 322<sub>c</sub>), en longeant la barrière physique ou l'obstacle suivant le décrochage jusqu'à rencontrer une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,

• si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique, notamment une barrière physique ou un obstacle, ayant une forme concave, l'étape (216b) de pénétrer dans ladite concavité et d'itérer le procédé à partir de a) autant que nécessaire de manière à balayer la surface complexe,

• si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique, notamment une barrière physique ou un obstacle, ne présentant pas une forme concave, l'étape (216a) d'itérer le procédé à partir de l'étape c1) autant que nécessaire de manière à balayer la surface complexe.

2. Procédé selon la revendication 1 ; ledit procédé comprenant en outre l'étape de passer de la bande courante (118<sub>c</sub>, 120<sub>c</sub>, 320<sub>c</sub>, 322<sub>c</sub>) à la bande suivante (118<sub>s</sub>, 120<sub>s</sub>, 320<sub>s</sub>, 322<sub>s</sub>) en longeant la barrière physique sur une distance correspondante à la largeur d'une bande en tenant compte des spécificités géométriques locales de la barrière physique.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 ; lesdites données géométriques caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou des obstacles, la géométrie de la bande d'initialisation (118<sub>i</sub>, 318<sub>i</sub>), de la bande précédente (118<sub>p</sub>, 120<sub>p</sub>, 322<sub>p</sub>), de la bande courante (118<sub>c</sub>, 120<sub>c</sub>, 320<sub>c</sub>, 322<sub>c</sub>), de la bande suivante (118<sub>s</sub>, 120<sub>s</sub>, 320<sub>s</sub>, 322<sub>s</sub>) pouvant être déduites au moins en partie d'une cartographie d'au moins une partie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques.

4. Procédé selon la revendication 3 ; ladite cartographie de la surface complexe (100), des obstacles (414) et des barrières physiques étant établie de manière dynamique pendant le balayage de ladite surface complexe.

5. Système pour balayer une surface complexe (100) délimitée au moins en partie par une barrière physique (102, 302) et/ou des obstacles (414); ledit système comprenant :

un automate mobile (104, 304, 404) comportant des  
5 moyens (106) de détection permettant de détecter ladite barrière physique et/ou lesdits obstacles et de fournir au moins en partie des données géométriques (angles, longueurs) caractérisant la géométrie de ladite barrière physique et/ou la géométrie desdits obstacles ainsi que la géométrie du parcours  
10 effectué par ledit automate mobile,

ledit automate (104, 304, 404) comprenant des moyens (110) de traitement informatique permettant de commander des déplacements dudit automate mobile en fonction des données fournies par lesdits moyens de détection,

15 lesdits moyens (110) de traitement informatique comportant des moyens (112) de calcul permettant de mettre en œuvre un algorithme comportant les étapes suivantes :

a) l'étape (200) de commander le déplacement dudit automate mobile (104, 304, 404) vers ladite barrière physique  
20 après détection de celle-ci par lesdits moyens de détection,

b) une étape initiale :  
soit

• de commander audit automate mobile de parcourir dans un premier sens (114, 314) , au moins en partie, une bande (118<sub>i</sub>,  
25 318<sub>i</sub>) d'initialisation longeant ladite barrière physique (en balayant ladite bande), jusqu'à ce que ladite barrière physique présente une rupture angulaire (120, 320) dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées, puis

30 • commander audit automate mobile de parcourir dans l'autre sens (116, 316) , dans sa totalité, ladite bande (118<sub>i</sub>, 318<sub>i</sub>) d'initialisation longeant au moins une partie ladite barrière physique jusqu'à ce que ladite barrière physique présente une rupture angulaire (122, 322) dont la valeur excède  
35 les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées;

soit, dans le cas où cela est possible, de commander audit automate mobile de parcourir en une seule fois une bande d'initialisation longeant au moins une partie ladite barrière physique comprise entre deux ruptures angulaires de ladite  
5 barrière physique dont les valeurs excèdent les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées

lesdits moyens de calcul permettant en outre, pendant ladite étape initiale, de calculer la longueur ( $L_0$ ) de la bande ( $118_i$ ,  $318_i$ ) d'initialisation à partir des données géométriques  
10 (angles, longueurs) fournies par lesdits moyens de détection et caractérisant la géométrie de la bande d'initialisation ;

lesdits moyens (110) de traitement informatique permettant de mettre en œuvre un processus itératif initialisé par le parcours de ladite bande d'initialisation et se  
15 poursuivant par le parcours de bandes ci-après successivement appelées la bande précédente ( $118_p$ ,  $120_p$ ,  $322_p$ ), la bande courante ( $118_c$ ,  $120_c$ ,  $320_c$ ,  $322_c$ ) et la bande suivante ( $118_s$ ,  $120_s$ ,  $320_s$ ,  $322_s$ ); la première bande précédente ( $118_p$ ,  $120_p$ ,  $322_p$ ) étant constituée par ladite bande ( $118_i$ ,  $318_i$ )  
20 d'initialisation,

ladite bande d'initialisation ( $118_i$ ,  $318_i$ ), lesdites bandes courantes ( $118_c$ ,  $120_c$ ,  $320_c$ ,  $322_c$ ), lesdites bandes précédentes ( $118_p$ ,  $120_p$ ,  $322_p$ ) et lesdites bandes suivantes ( $118_s$ ,  $120_s$ ,  $320_s$ ,  $322_s$ ) ayant une largeur (d) prédéterminée,

25 lesdits moyens (112) de calcul permettant de déterminer la partie de la surface complexe restant à balayer en extrayant les parties de la surface complexe déjà balayées et d'actualiser en conséquence les caractéristiques géométriques de ladite barrière physique délimitant la partie de la surface  
30 complexe restant à balayer,

c) lesdits moyens de traitement informatique comportant des moyens de calcul permettant de mettre en œuvre en outre les étapes suivantes dudit algorithme :

c1) l'étape (204) de prédéterminer la longueur ( $L^*_i$ ) de ladite bande courante à partir des données géométriques caractérisant la géométrie de ladite précédente bande,

5 c2) l'étape (206) de commander audit automate mobile de parcourir dans sa totalité ladite bande courante longeant ladite bande précédente jusqu'à ce que ladite bande courante présente une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,

10 c3) l'étape (208) de déterminer la longueur ( $L_i$ ) de ladite bande courante à partir des données géométriques obtenues lors du parcours de ladite bande courante et caractérisant la géométrie de ladite bande courante,

15 c4) l'étape (210) de comparer la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) avec la longueur déterminée ( $L_i$ ), de sorte que :

- si la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) est sensiblement égale à la longueur déterminée ( $L_i$ ), l'étape c5) de l'algorithme est mise en œuvre,

20 • si la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) est supérieure à la longueur déterminée ( $L_i$ ), on conclut qu'un obstacle est présent sur la bande courante et l'étape c6) de l'algorithme est mise en œuvre,

25 • si la longueur prédéterminée ( $L^*_i$ ) est inférieure à la longueur déterminée ( $L_i$ ), on conclut que la barrière physique présente un décrochage dans la dite bande courante et l'étape c7) de l'algorithme est mise en œuvre,

30 c5) l'étape (212) de commander à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur ( $d$ ) prédéterminée d'une desdites bandes courantes,

l'étape de commander à l'automate mobile de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

35 l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1), l'ancienne bande courante étant considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis

que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante,

c6)

- si l'obstacle s'étend sur la largeur (d) de la bande courante, l'étape (214a) de commander à l'automate mobile de passer à la bande suivante en décalant latéralement son parcours d'une distance sensiblement égale à la largeur (d) prédéterminée d'une desdites bandes courantes,

l'étape de commander à l'automate mobile de parcourir la bande suivante en sens inverse de la bande courante,

l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1), l'ancienne bande courante étant considérée comme étant la nouvelle bande précédente tandis que la bande suivante est considérée comme étant la nouvelle bande courante,

- si l'obstacle ne s'étend pas sur toute la largeur (d) de la bande courante,

l'étape (214b) de commander à l'automate mobile de contourner l'obstacle en continuant le parcours de la bande courante,

l'étape de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c3)

- c7) l'étape de commander à l'automate mobile de continuer le parcours de la bande courante, en longeant la barrière physique suivant le décrochage jusqu'à rencontrer une rupture angulaire dont la valeur excède les limites d'une plage de valeurs autorisées prédéterminées,

- si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique ayant une forme concave, l'étape (216b) de commander à l'automate mobile de pénétrer dans ladite concavité et d'itérer l'algorithme à partir de a)

- si la rupture angulaire ainsi rencontrée correspond à une barrière périphérique n'ayant pas une forme concave, l'étape (216a) de commander à l'automate mobile d'itérer l'algorithme à partir de l'étape c1).

6. Système selon la revendication 5 ; lesdits moyens (110) de traitement commandant à l'automate mobile en outre l'étape de passer de la bande courante à la bande suivante en longeant la barrière physique sur une distance correspondante à la largeur d'une bande en tenant compte des spécificités géométriques locales de la barrière physique.

7. Système selon l'une des revendications 5 ou 6 ; lesdits moyens (110) de traitement informatique permettant déterminer lesdites données géométriques caractérisant la géométrie de la barrière physique et/ou des obstacles, la géométrie de la bande d'initialisation, de la bande précédente, de la bande courante, de la bande suivante en les déduisant au moins en partie d'une cartographie d'au moins une partie de la surface complexe, des obstacles et des barrières physiques.

8. Système selon la revendication 7 ; lesdits moyens de calcul permettant de calculer de manière dynamique ladite cartographie de la surface complexe à partir de données fournies par lesdits moyens de détection pendant le balayage de ladite surface complexe.

9. Système selon l'une quelconque des revendications 5 à 8 ; lesdits moyens de détection comprenant :

un émetteur de rayonnements infrarouge,  
un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle ;

lesdits moyens de traitement informatique permettant de faire varier graduellement la puissance du rayonnement infrarouge émise par ledit émetteur jusqu'à une puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle, lesdits moyens de calcul permettant de déterminer de la position relative des parties concernées de ladite barrière physique ou dudit obstacle par rapport audit automate mobile en fonction de ladite valeur de la puissance de détection,

de sorte qu'il est ainsi possible de manière dynamique, au fur et à mesure que l'automate mobile se déplace:



- de déterminer les données géométriques (angles, longueur) caractérisant la géométrie des obstacles ou de la barrière physique, et/ou

- de construire une cartographie de la surface

5 complexe.

10 10. Application du procédé selon les revendications 1 à 4 ou du système selon les revendications 5 à 9 à la réalisation d'un robot de traitement de surfaces planes et/ou gauches, d'un robot de traitement de terrains sauvages ou cultivés, d'un robot aspirateur, d'une tondeuse automate, d'un robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de vitre, de plafond de toit d'un robot de décontamination de surfaces complexes contaminées.

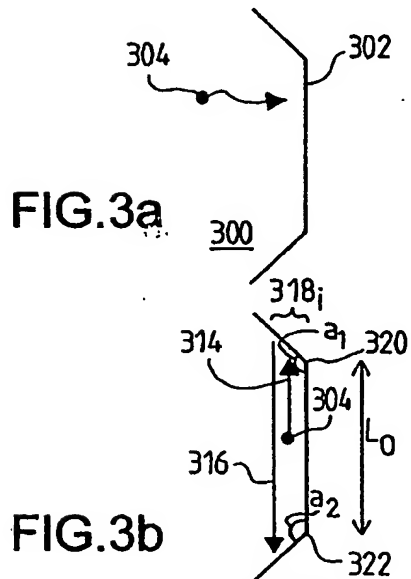
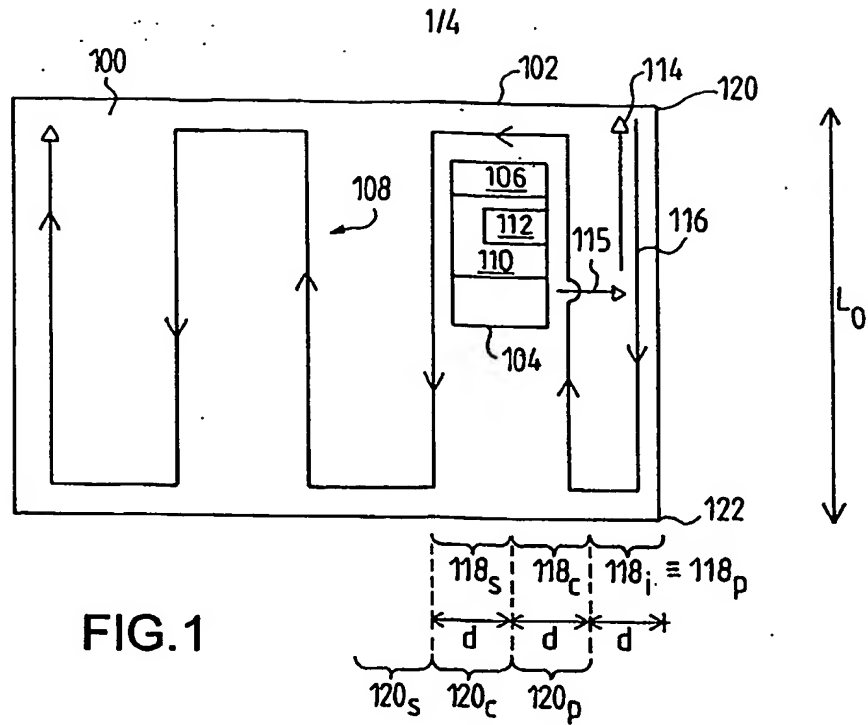
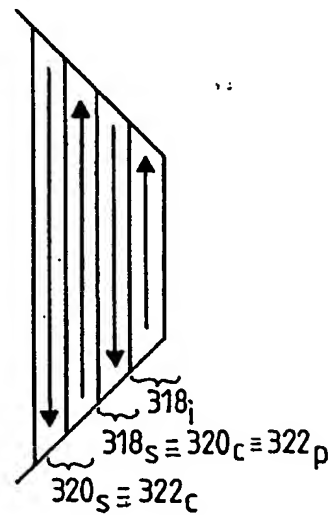


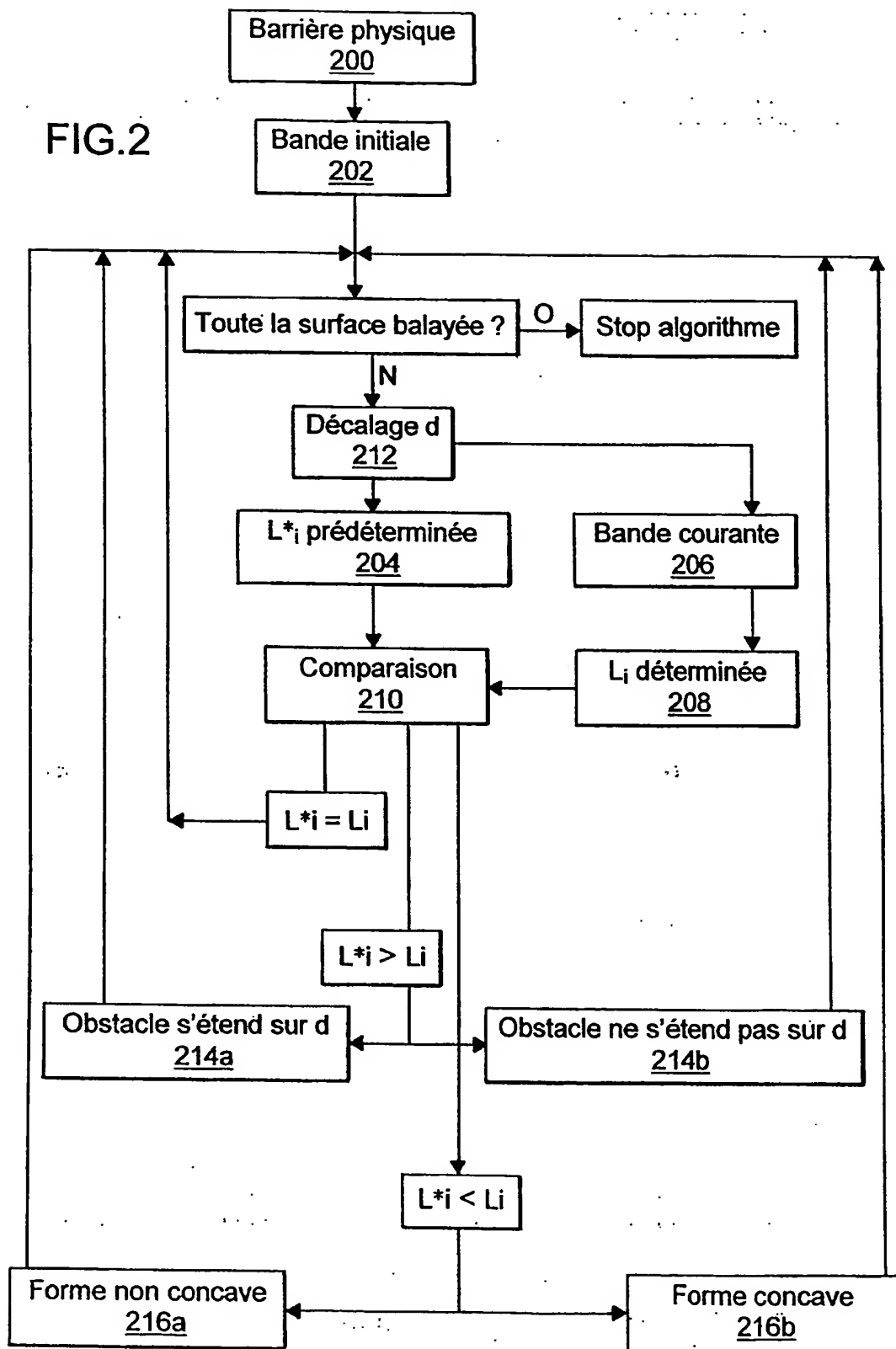
FIG. 3b

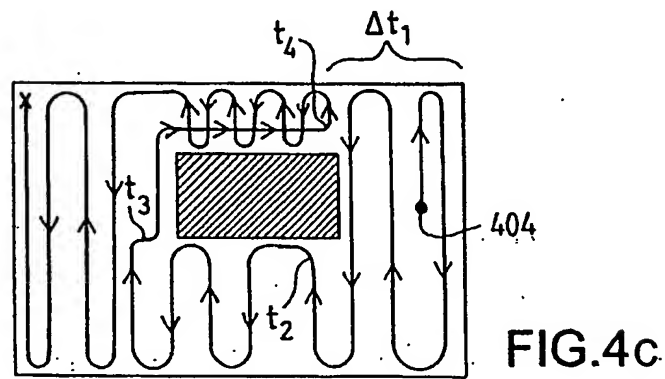
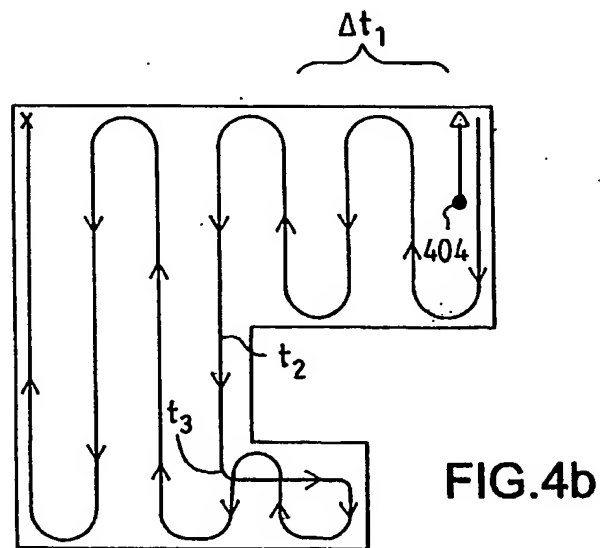
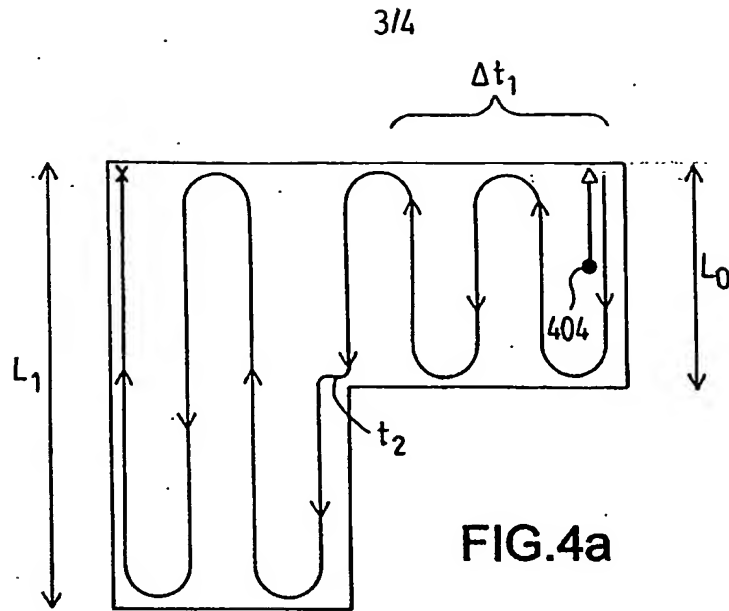
FIG. 3c



2/4

FIG.2





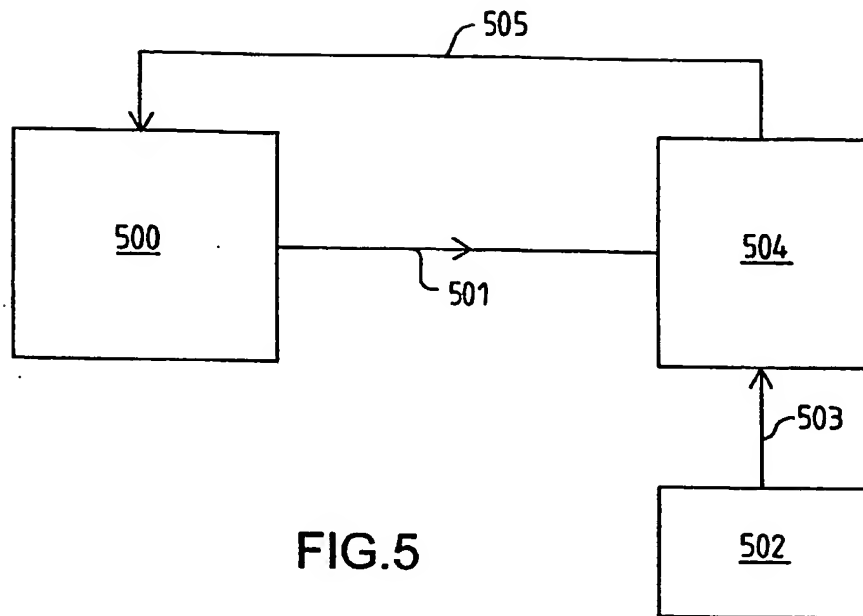


FIG. 5

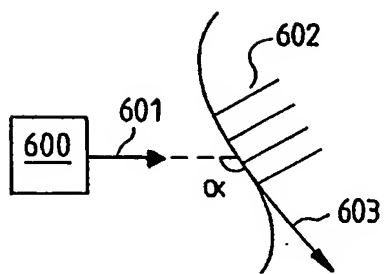


FIG. 6a

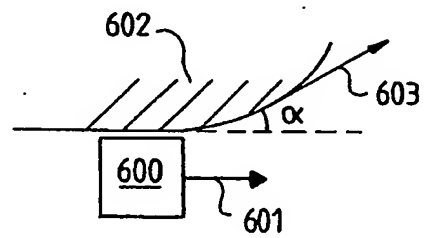


FIG. 6b

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G05D1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/102014 A1 (YOSHINO JUNJI) 5 June 2003 (2003-06-05) the whole document	1-10
A	US 5 947 225 A (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 7 September 1999 (1999-09-07) the whole document	1-10
A	US 6 574 536 B1 (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 3 June 2003 (2003-06-03) the whole document	1-10
A	US 5 426 584 A (TSUZUKI SADACHIKA ET AL) 20 June 1995 (1995-06-20) the whole document	1-10
A	US 6 615 108 B1 (ABRAMSON SHAI ET AL) 2 September 2003 (2003-09-02) the whole document	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 March 2005

Date of mailing of the international search report

14/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Philippot, B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050517

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003102014 A1	05-06-2003	JP 2003169768 A JP 2003169769 A CN 1423025 A	17-06-2003 17-06-2003 11-06-2003
US 5947225 A	07-09-1999	JP 8286744 A JP 3201216 B2 JP 8286745 A JP 3218913 B2 JP 8286746 A JP 3536418 B2 JP 8286747 A JP 8286741 A	01-11-1996 20-08-2001 01-11-1996 15-10-2001 01-11-1996 07-06-2004 01-11-1996 01-11-1996
US 6574536 B1	03-06-2003	JP 9204223 A JP 3237500 B2 JP 9204224 A JP 3424786 B2 JP 9269824 A	05-08-1997 10-12-2001 05-08-1997 07-07-2003 14-10-1997
US 5426584 A	20-06-1995	JP 2802560 B2 JP 5233058 A AU 645719 B2 AU 3281393 A DE 4305022 A1 FR 2687808 A1	24-09-1998 10-09-1993 20-01-1994 02-09-1993 21-10-1993 27-08-1993
US 6615108 B1	02-09-2003	IL 124413 A AU 3844999 A EP 1078307 A1 WO 9959042 A1 US 2003208304 A1	20-05-2001 29-11-1999 28-02-2001 18-11-1999 06-11-2003

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/050517

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G05D1/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G05D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2003/102014 A1 (YOSHINO JUNJI) 5 juin 2003 (2003-06-05) le document en entier	1-10
A	US 5 947 225 A (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 7 septembre 1999 (1999-09-07) le document en entier	1-10
A	US 6 574 536 B1 (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 3 juin 2003 (2003-06-03) le document en entier	1-10
A	US 5 426 584 A (TSUZUKI SADACHIKA ET AL) 20 juin 1995 (1995-06-20) le document en entier	1-10
A	US 6 615 108 B1 (ABRAMSON SHAI ET AL) 2 septembre 2003 (2003-09-02) le document en entier	1-10

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

\*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

\*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

\*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

\*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

\*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*G\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/03/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Philippot, B



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/050517

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003102014	A1	05-06-2003	JP 2003169768 A	17-06-2003
			JP 2003169769 A	17-06-2003
			CN 1423025 A	11-06-2003
US 5947225	A	07-09-1999	JP 8286744 A	01-11-1996
			JP 3201216 B2	20-08-2001
			JP 8286745 A	01-11-1996
			JP 3218913 B2	15-10-2001
			JP 8286746 A	01-11-1996
			JP 3536418 B2	07-06-2004
			JP 8286747 A	01-11-1996
			JP 8286741 A	01-11-1996
US 6574536	B1	03-06-2003	JP 9204223 A	05-08-1997
			JP 3237500 B2	10-12-2001
			JP 9204224 A	05-08-1997
			JP 3424786 B2	07-07-2003
			JP 9269824 A	14-10-1997
US 5426584	A	20-06-1995	JP 2802560 B2	24-09-1998
			JP 5233058 A	10-09-1993
			AU 645719 B2	20-01-1994
			AU 3281393 A	02-09-1993
			DE 4305022 A1	21-10-1993
			FR 2687808 A1	27-08-1993
US 6615108	B1	02-09-2003	IL 124413 A	20-05-2001
			AU 3844999 A	29-11-1999
			EP 1078307 A1	28-02-2001
			WO 9959042 A1	18-11-1999
			US 2003208304 A1	06-11-2003